

| | |
|-------------|---|
| Title | 地震動の水平上下スペクトル比を用いた地盤構造同定とその応用に関する研究(Abstract_要旨) |
| Author(s) | 長嶋, 史明 |
| Citation | Kyoto University (京都大学) |
| Issue Date | 2016-11-24 |
| URL | https://doi.org/10.14989/doctor.k20063 |
| Right | 許諾条件により本文は2017-11-23に公開 |
| Type | Thesis or Dissertation |
| Textversion | ETD |

| | | | |
|--|-------------------------------------|----|---------|
| 京都大学 | 博士 (工学) | 氏名 | 長 嶋 史 明 |
| 論文題目 | 地震動の水平上下スペクトル比を用いた地盤構造同定とその応用に関する研究 | | |
| <p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、地震動の拡散波動場理論に基づき水平上下スペクトル比(以下 HVR)を用いた高精度な地盤構造同定手法を開発し、その同定能力を検証するとともに、同理論に基づく新たな地震基盤スペクトル評価方法も提案し、その妥当性を示したものである。</p> <p>第1章では、研究の背景、研究目的、用いた理論の概要、および論文全体の構成について記述している。</p> <p>第2章では、S波速度とP波速度の関係を、日本全国で行われたPS検層結果を用いて評価し、既往のP波速度換算式と比較している。既往の換算式はPS検層結果と概ねよい対応を示したが、表現できない部分も見られた。そこで地表面から地震基盤までを包括したP波速度換算式を2次近似曲線として求めた。</p> <p>次に、本論文で用いる1次元地盤構造の同定手法の同定精度検証のための事前検討を実施している。すなわち数値解析結果をターゲットとして同定を行いその速度構造をよく再現できることを確認している。しかし減衰に対するHVRの感度は小さく定量的な同定は難しいので、適度に小さい減衰を仮定しつつ十分な層数を用意することにより、精度よい速度構造同定が可能であることを示している。</p> <p>第3章では、K-NET 築館・K-NET 古川・K-NET 銚田・KiK-net 岩瀬の周辺に臨時余震観測網を設置し、そこで得られたHVRを再現するようなS波速度構造の同定を、既往P波速度換算式や第2章で求めた提案P波速度換算式を用いて行っている。その結果、どの観測点でもHVRをよく説明できる地盤構造を同定でき、微地形区分などとも対応する結果が得られたことを報告している。また既往研究との比較から、提案手法による地盤構造同定では、地盤震動特性で特徴的な周波数域を反映する部分の構造はよく同定できるが、明確な特徴を示さない部分の構造は同定精度が低いことを報告している。</p> <p>第4章では、提案HVR同定手法の適用範囲拡大のため、地盤震動特性の異なる2観測点で最大加速度が数galにも満たないような微小地震のHVRを計算し、微動HVRや中小地震のHVRとの比較を行っている。その結果、微小地震の持つエネルギー量と後続の微動のエネルギー量の比率や地震計の感度により、使用する観測波形の継続時間と周波数範囲に注意が必要だが、微小地震動HVRは通常地震動HVRとよく似た形状を示すことを報告している。また通常地震動HVRと微小地震動HVRに対して同条件で同定を行い、わずかな差はあるものの全体としてよく一致した同定構造が得られたとしている。</p> <p>第5章では、まず地震発生年・最大加速度・マグニチュード・入射方位の観点からKiK-net観測データを分類した結果、地表HVRには大加速度による地盤非線形の影響が</p> | | | |

| | | | |
|--|--------|----|---------|
| 京都大学 | 博士（工学） | 氏名 | 長 嶋 史 明 |
| <p>見いだせることを報告している。一方、地震発生年による評価では、大地震を経験しても大きな差が生じていることは少なく、年単位での HVR の定常性を確認することができたとしている。同様にマグニチュードの影響も見られなかった。入射方位差は地表/地中スペクトル比で大きく見られ、周辺地形と対応した差異が見られたことを報告している。</p> <p>これらの観測記録に対して、これまでの地表 HVR のみに対する同定に加え、地表 HVR と地表/地中スペクトル比の両方を用いたジョイントインバージョンにより、S 波速度構造、あるいは S 波速度構造と減衰をターゲットにした同定を実施している。その結果、どの同定結果も地表 HVR をよく再現できること、ジョイントインバージョンでは HVR に加え地表/地中スペクトル比もよく説明できる構造を同定できることを示している。</p> <p>第 6 章では、弱震動のスペクトル比平均値と特定の強震動のスペクトル比との比較から、強震時の HVR や水平地表/地中スペクトル比が大きく長周期化すること、一方上下地表/地中スペクトル比はそれに比べてわずかし長周期化しないことを見出し、強震時の水平方向増幅特性の大非線形化傾向と上下方向増幅特性の弱非線形化傾向を確認している。</p> <p>次に、地震動の拡散波動場理論に基づき継続時間の十分長い単一地震への適用性を仮定し、さらに強震時の上下成分伝達関数の不変性を仮定することにより、強震動 1 波に対する地表上下動スペクトルから直接、地震基盤面での入射水平動スペクトルを推定する方法、および非線形水平動伝達関数を直接評価する手法を提案している。</p> <p>この提案手法では線形レベルでの上下動伝達関数が重要となるので、上下動伝達関数に対応する P 波速度構造の同定に関して検討を加えている。HVR とその逆数の VHR を用いた S 波速度構造・P 波速度構造の同時同定が観測記録と最も整合し、S 波速度と P 波速度双方の同定能力があることを報告している。</p> <p>最後に、得られた同定構造を用いて地震基盤スペクトルを求め、それを既往の等価線形解析により得られた地震基盤スペクトルと比較したところ両者はほぼ一致し、提案手法の方がより安定したスペクトルが得られることを報告している。</p> <p>第 7 章では各章で得られた知見をまとめ、本論文全体の総括を行っている。</p> | | | |

(論文審査の結果の要旨)

地震動特性を決める種々の要因のうち、対象地点直下の地盤構造により決定されるサイト増幅特性の影響は極めて大きく、従って直下の地盤構造を精度よく求めることは、その地点の地盤震動特性を反映させた高精度な地震被害予測に必要不可欠である。本論文は、最近展開されてきている拡散波動場理論を地震動の水平上下スペクトル比に適用し、その同定精度の検証と新たな応用手法を提案したものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 多数の観測点に対しここで開発した S 波速度構造同定手法を適用してそれぞれの震動特性を再現し、微地形区分などの先験情報と対応した地盤構造を同定できることを示した。それらの同定構造は幅広い周波数範囲のスペクトル特性を説明でき、提案手法は地震基盤以浅の深部から地表面までの地盤構造を高精度に同定できることを示した。
2. 振幅が 1gal レベルの微小地震記録からでも、より振幅の大きい中小地震を用いた時と同様の地盤震動特性を示す地盤構造を同定できることを示し、提案手法の微小振幅地震動への適用性を示した。
3. 地表 HVR と地表/地中スペクトル比の両方を用いた同時インバージョンにより、S 波速度構造と減衰を同定することができること、およびその得られた構造と減衰により、観測されている HVR と地表/地中スペクトル比を振幅も含めよく説明できることを示した。
4. 拡散波動場理論を単一の地震動にも適用し、強震時の上下伝達関数の不変性を仮定することにより、新たな地震基盤スペクトルおよび非線形水平伝達関数の評価手法を提案し、それを観測強震動に適用した結果、スペクトルとしてより安定した妥当な地震基盤スペクトルが得られることを示した。

以上、地震動の水平上下スペクトル比を用いた高精度な地盤構造同定手法を開発し、さらに同理論に基づいた新たな地震基盤スペクトル評価方法を提示した本論文は、今後の地盤震動評価手法の標準となり得る手法を提案したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平 28 年 10 月 24 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。